

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет ИТМО»

ФАКУЛЬТЕТ ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ И КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

по дисциплине
‘Компьютерные сети’

Выполнил:

Студент группы Р33312

Соболев Иван

Александрович

Преподаватель:

Алиев Тауфик Измайлович



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург, 2024

1. Постановка задачи и исходные данные

Изучение принципов настройки и функционирования локальных сетей, построенных с использованием концентраторов и коммутаторов, а также процессов передачи данных на основе стека протоколов TCP/IP, с использованием программы моделирования компьютерных сетей NetEmul.

Вариант	Количество компьютеров в ...			Класс IP-адресов
	сети 1 (N1)	сети 2 (N2)	сети 3 (N3)	
17	3	2	2	A

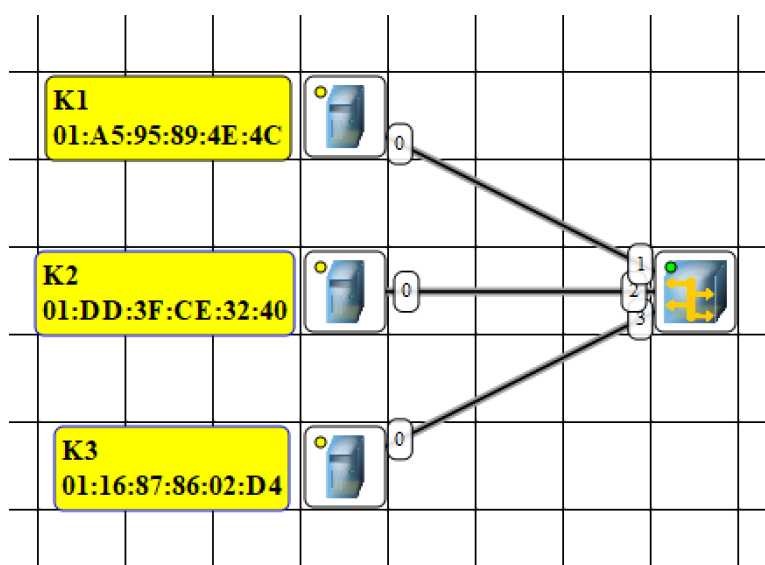
Таблица 1: Вариант ЛР

Сформированные 4 байта IP-адресов для использования в ЛР (Ф=6, И=4, О=13, Н=12):

- Класс А: 18.16.25.10

В работе должен быть сформирован и использоваться в дальнейшем пул последовательных IP-адресов, представляющий собой множество адресов, начинающееся с полученного выше значения, размер которого достаточен для адресации всех интерфейсов сети.

2. Локальная сеть с концентратором (Сеть 1)



На Рисунок 1 представлена локальная сеть с концентратором, где компьютерам не заданы IP-адреса.

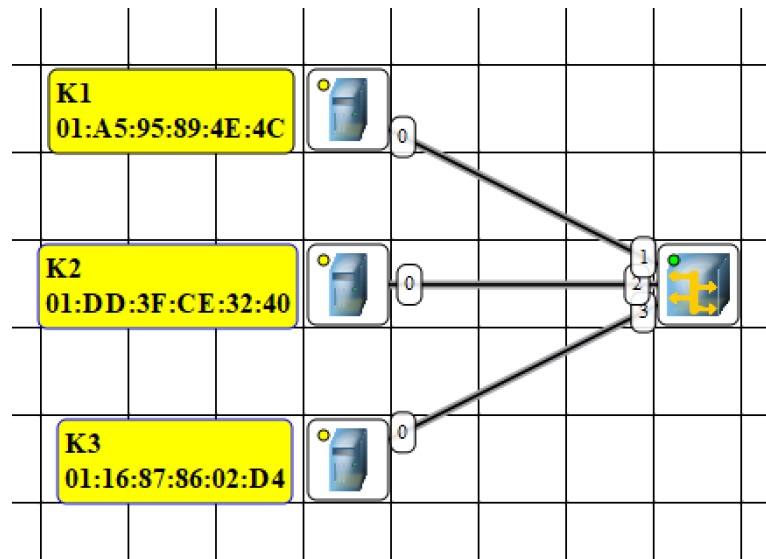


Рисунок 1: Сеть 1 - До установки IP адресов компьютерам

ARP таблица компьютера 1 пустая, так как для ее заполнения необходимо знать IP адреса. Когда IP адреса присвоены, то посылается широковещательный ARP-запрос по известному IP-адресу, и устройство с таким IP-адресом должно послать ответ. После этого отправитель извлекает MAC адрес и добавляет в запись ARP-таблицы. На данном этапе ARP запросы еще не были посланы.

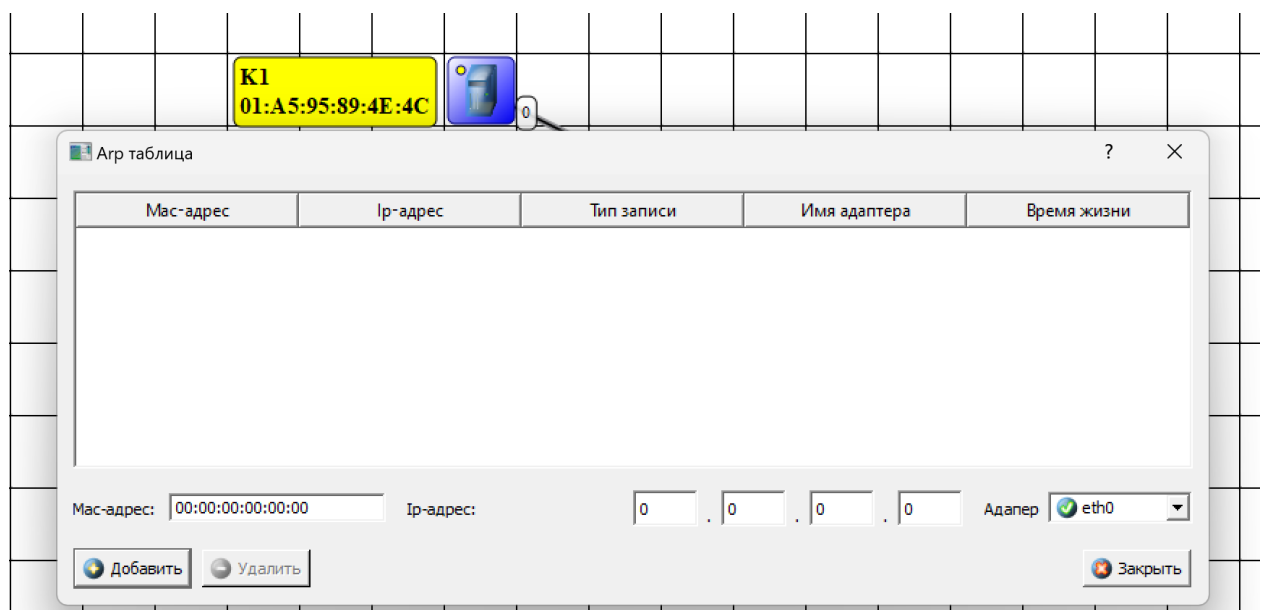


Рисунок 2: Сеть 1 - ARP таблица K1

В таблице маршрутизации компьютера один есть только одна запись — запись с адресом обратной петли, она же loopback, предназначенный для обмена пакетами программами в пределах компьютера. Пакеты, отправленные на этот адрес, никогда не достигают сети, а проходят только через сетевую карту.

Таблица маршрутизации						
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	0	Подключена

Рисунок 3: Сеть 1 - Таблица маршрутизации K1

Во время установки IP адресов, автоматически устанавливается маска, соответствующая заданному классу сети.

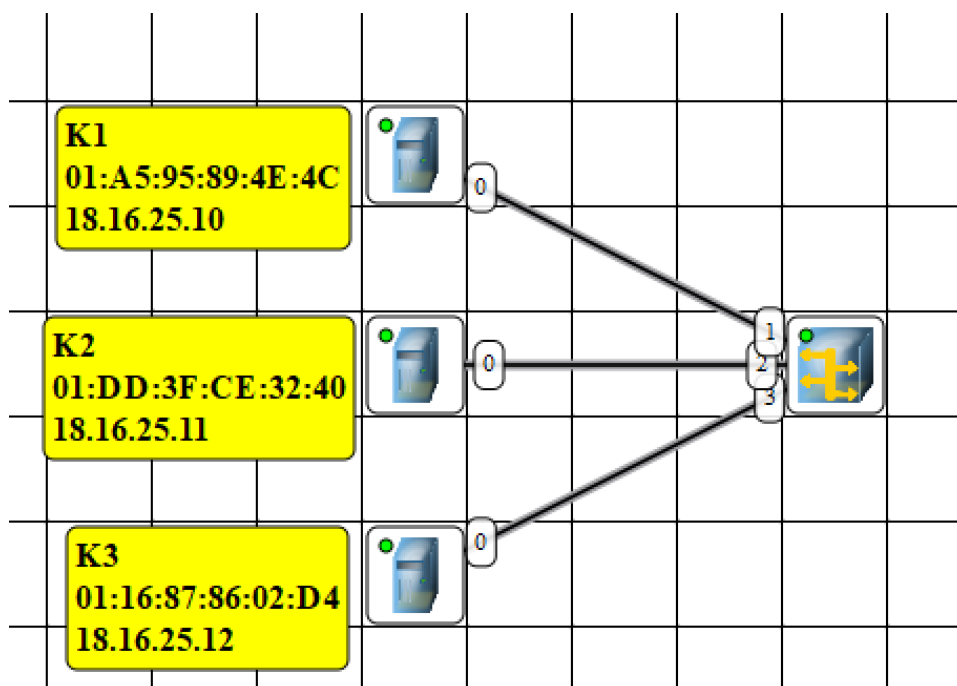


Рисунок 4 - Сеть с назначенными IP адресами

После установки от каждого компьютера посылается ARP запрос для установки соответствия между MAC и IP адресами. Также следует отметить, что ARP запрос не приходит тому компьютеру, который его послал.

Содержание: ARP запрос, передается в кадре Ethernet, содержащем MAC

адрес отправителя и получателя (широковещательный).

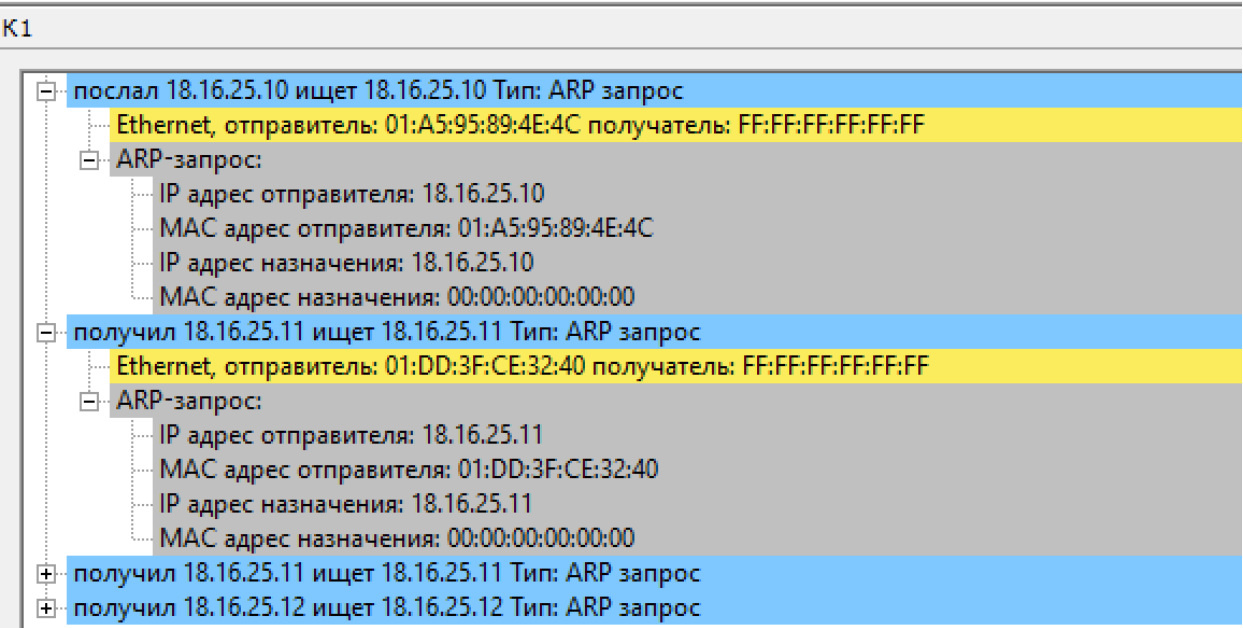


Рисунок 5: Сеть 1 - Журнал K1 после отправки ARP запросов с компьютеров

В таблице маршрутизации каждого из компьютеров появилась запись: адрес назначения и маска соответствуют адресу сети и маске сети, шлюз — IP адрес самого компьютера. Теперь компьютеры могут обмениваться пакетами по протоколу, использующий IP адреса, через концентратор.

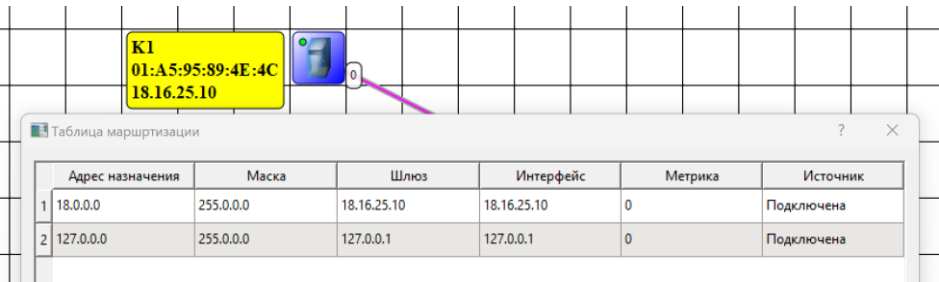


Рисунок 6: Сеть 1 - Таблица маршрутизации K1

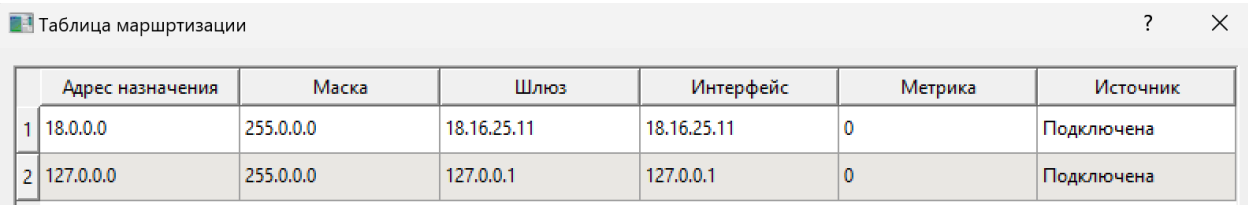


Рисунок 7: Сеть 1 - Таблица маршрутизации K2

Таблица маршрутизации						
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	18.0.0.0	255.0.0.0	18.16.25.12	18.16.25.12	0	Подключена
2	127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	0	Подключена

Рисунок 8: Сеть 1 - Таблица маршрутизации K3

В ARP таблице добавились записи соответствий IP и MAC адреса каждого компьютера. Следует отметить ограниченное время жизни записей.

Арг таблица					
	Мас-адрес	Ip-адрес	Тип записи	Имя адаптера	Время жизни
1	01:DD:3F:CE:32:40	18.16.25.11	Динамическая	eth0	94
2	01:16:87:86:02:D4	18.16.25.12	Динамическая	eth0	68

Рисунок 9: Сеть 1 - ARP таблица K1

Арг таблица					
	Мас-адрес	Ip-адрес	Тип записи	Имя адаптера	Время жизни
1	01:A5:95:89:4E:4C	18.16.25.10	Динамическая	eth0	581
2	01:16:87:86:02:D4	18.16.25.12	Динамическая	eth0	468

Рисунок 10: Сеть 1 - ARP таблица K2

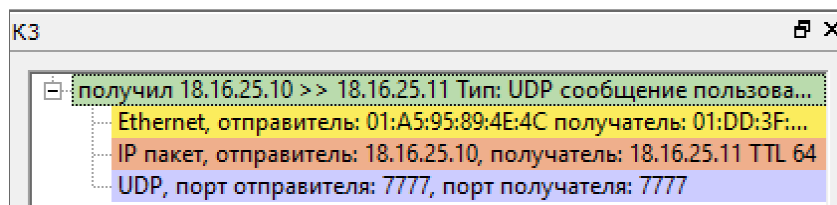
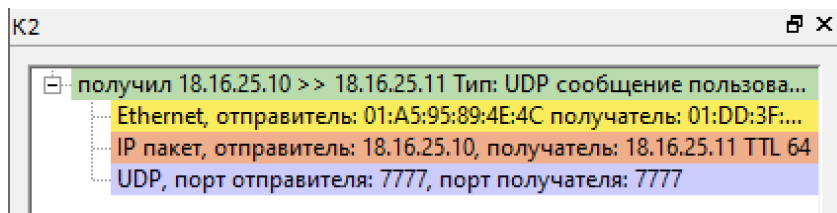
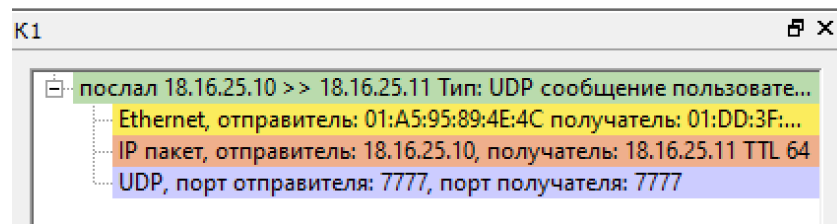
Арг таблица					
	Мас-адрес	Ip-адрес	Тип записи	Имя адаптера	Время жизни
1	01:A5:95:89:4E:4C	18.16.25.10	Динамическая	eth0	674
2	01:DD:3F:CE:32:40	18.16.25.11	Динамическая	eth0	569

Рисунок 11: Сеть 1 - ARP таблица K3

По сети передается UDP дейтаграмма. Размер данных в пакетах 1 кбайт, поэтому будет отправлено 1 дейтаграмма, кроме того для UDP не требуется установки соединения. Последовательность пакетов и кадров (сверху-вниз оборачивание): Ethernet кадр с MAC адресами отправителя и получателя, IP пакет с IP адресами отправителя и получателя и флагами (TTL — максимальное количество «хопов», что пакет должен существовать внутри

сети, прежде чем он будет отброшен маршрутизатором), UDP дейтаграмма с портами отправителя и получателя.

Также можно заметить, что дейтаграмма придет всем компьютерам (кроме отправителя), однако в передаваемых данных заданы IP и MAC адреса получателя, которому предназначается.



При отправке данных по протоколу TCP сначала требуется установка соединения (тройное рукопожатие). На

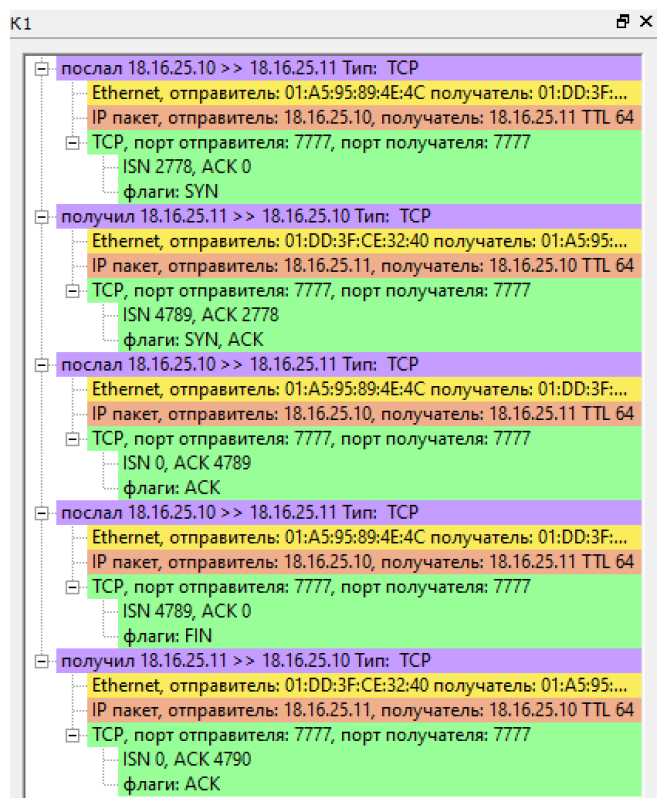


Рисунок 15 и

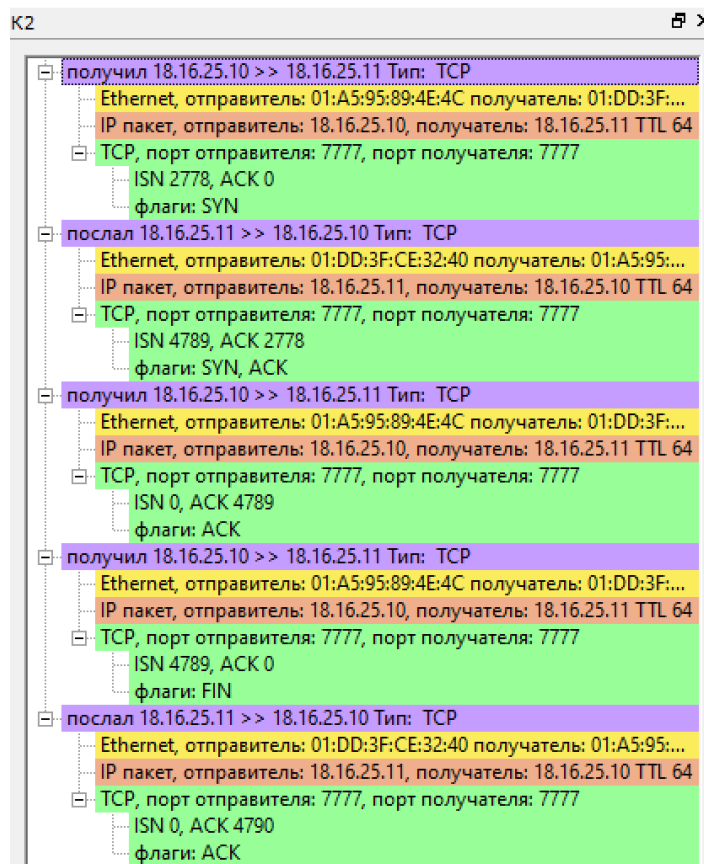


Рисунок 16 представлены

получаемые и отправляемые пакеты, где данные передаются от K1 к K2.

Сначала производится установка соединения: 1) K1 отправляет сегмент с установленным флагом SYN, при этом сегменту присваивается порядковый

номер ISN 2778, относительно которого будет вестись отчет последовательности сегментов 2) K2 отправляет ответный сегмент с установленными SYN+ACK, при этом в ACK записывается порядковый номер полученного первого сегмента, а также устанавливает свой номер ISN. 3) После получения сегмента от K2 K1 отправляет в ответ сегмент с флагом ACK. После должны продолжаться передаваться данные, однако так как мои данные имеют размер 1 кбайт, то данных уже не осталось. Происходит закрытие соединения: 1) флаги FIN — первый пакет, значит что отправитель передал все свои данные 2) ACK — подтверждение от получателя. Пакет содержит: Ethernet кадр с MAC адресами отправителя и получателя, IP пакет с IP адресами отправителя и получателя, TCP пакет с портами отправителя и получателя, флагами, переменными (ACK, ISN — 4 байта каждый) и т.д.

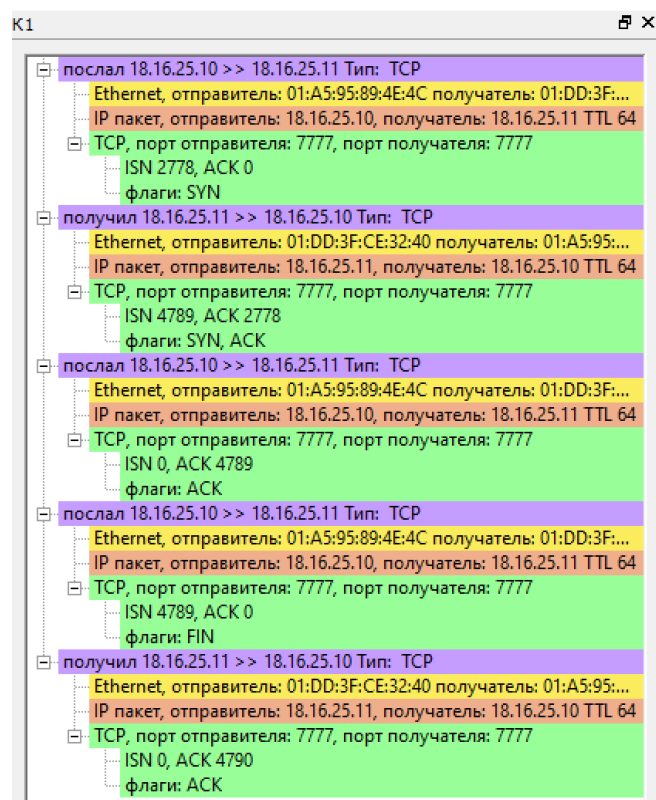


Рисунок 15: Сеть 1 - TCP журнал K1

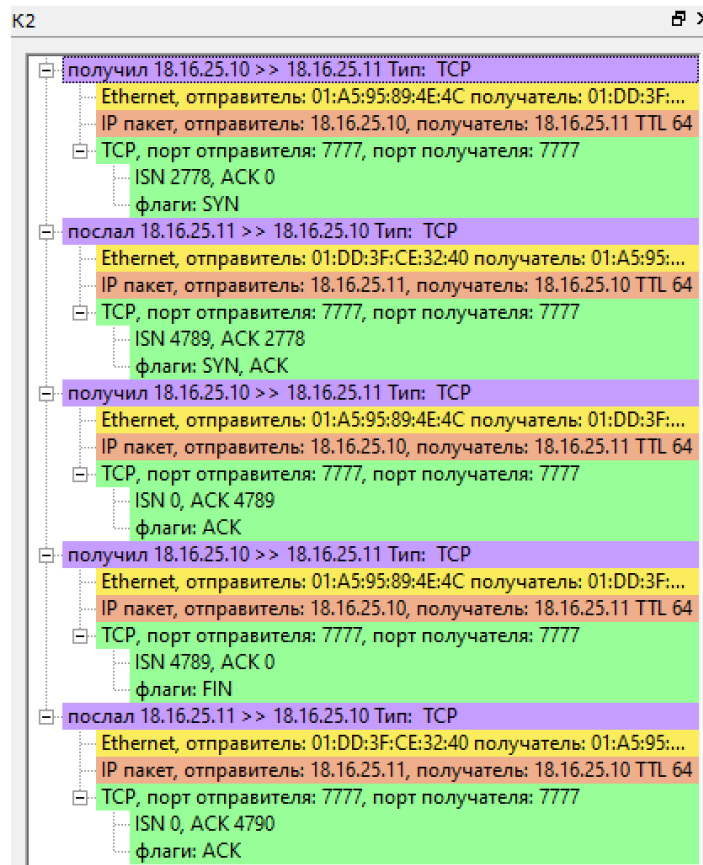


Рисунок 16: Сеть 1 - TCP журнал K2

Таким образом, основное отличие TCP и UDP в том, что первый устанавливает соединение, осуществляется гарантия отправки и порядка передаваемых пакетов с помощью метаданных в заголовке TCP пакета, содержащем переменные и флаги, а в UDP такого нет. Отсюда вытекает, что UDP более быстрый, так как меньше метаданных и не требуется подтверждений, и несет меньше накладных расходов в виде флагов и переменных, но менее надёжный.

3. Локальная сеть с коммутатором (Сеть 2)

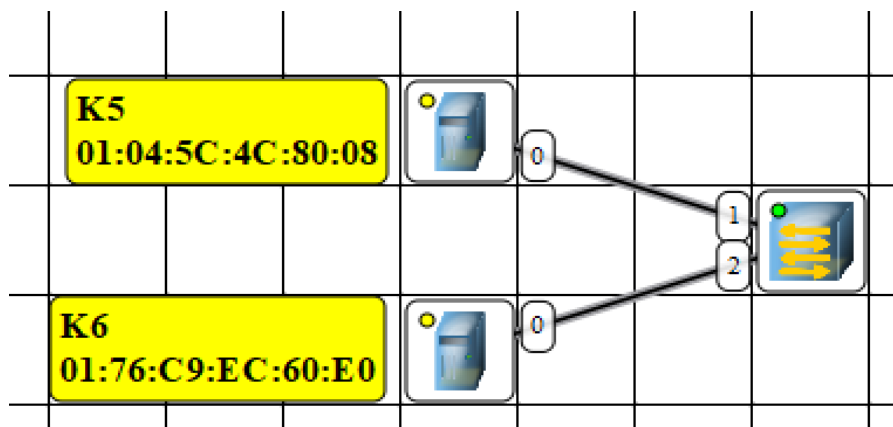


Рисунок 17: Сеть 2 — до установки IP адресов компьютеров

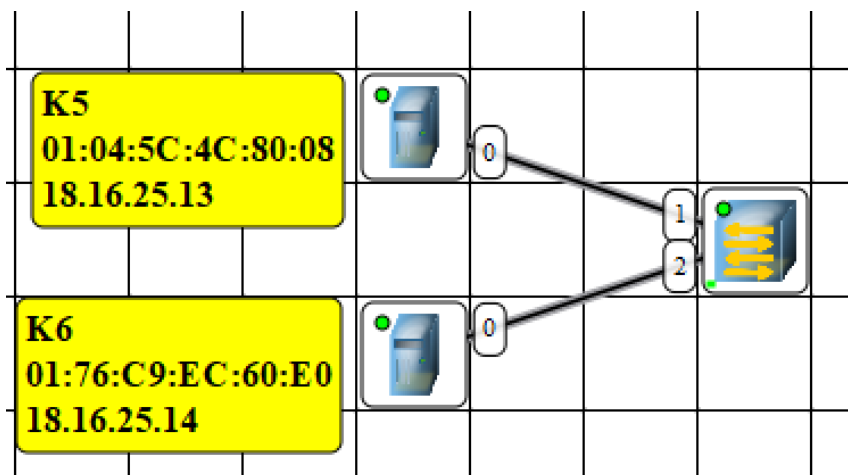
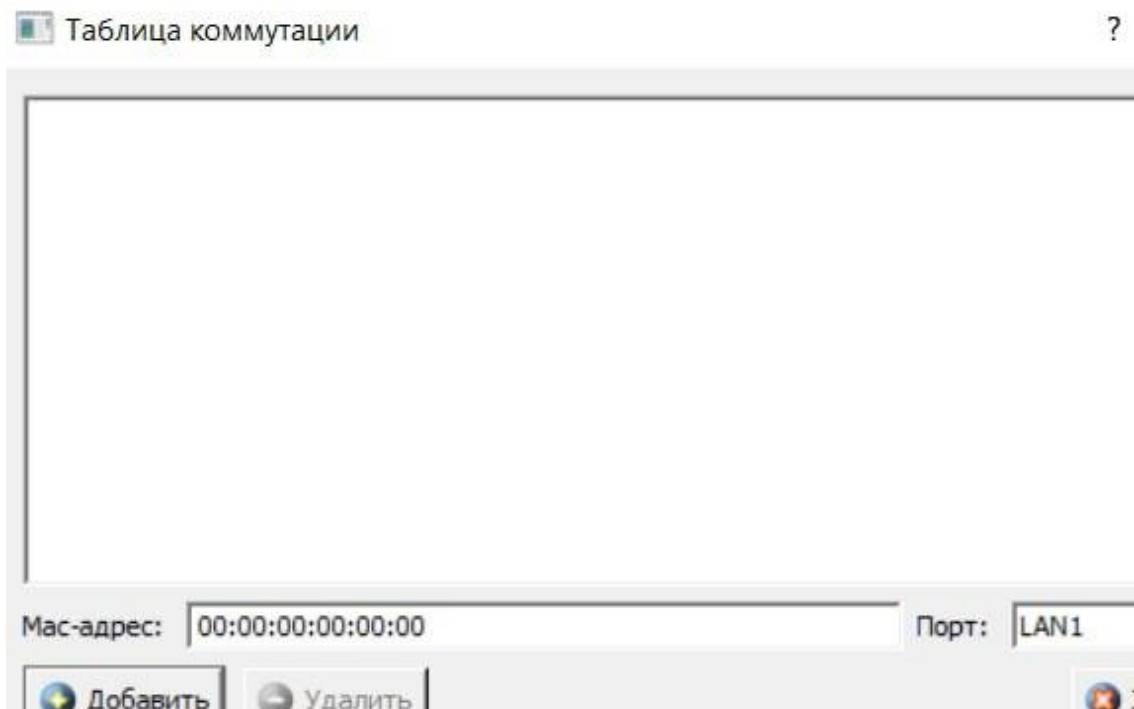


Рисунок 18: Сеть 2 - после установки IP адресов

Изначально таблица коммутации пуста. Таблица коммутации содержит следующие поля: MAC-адрес компьютера, который послал через вход LAN какой-либо запрос; Порт; Тип записи — если добавляется запись в таблицу вручную, то будет статическим, если при запросе, то динамическим; Время жизни — в данной модели 300 секунд для динамических и статических записей.



При отправке какого-либо запроса от компьютера и прохождении его через коммутатор, из Ethernet кадра запроса коммутатор достанет MAC адрес отправившего компьютера. При передаче сообщения в сети с концентратором запрос будет отправлен на выход на все порты, отличные от порта с которого он поступил, а с коммутатором - сначала тот отправляет, до того, как в таблицу будет занесен MAC адрес получателя, на все выходящие порты (кроме с которого поступил запрос), а когда MAC адрес попадет в таблицу при запросе/ответе, то будет отправлять только на порт, соответствующий записи в таблице коммутации. Таблица коммутации будет построена полностью, когда все компьютеры отправят запросы, и те попадут в таблицу коммутации, и не пройдет для какого-либо из них максимальное время жизни. Максимальное количество строк в таблице зависит от модели коммутатора.

	Мас-адрес	Порт	Тип записи	Время жизни
1	01:04:5C:4C:80:08	LAN1	Динамическая	266
2	01:76:C9:EC:60:E0	LAN2	Динамическая	240

Рисунок 20: Сеть 2 - После отправки ARP запросов от K5 и K6

ARP таблицы и таблицы маршрутизации компьютеров заполняются аналогично с сетью с концентратором. ARP таблица — при приходе запросов на компьютер, таблица маршрутизации дозаполняется при установке IP адреса.

	Мас-адрес	Ip-адрес	Тип записи	Имя адаптера	Время жизни
1	01:76:C9:EC:60:E0	18.16.25.14	Динамическая	eth0	369

Рисунок 21: Сеть 2 - ARP таблица K5

	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	18.0.0.0	255.0.0.0	18.16.25.13	18.16.25.13	0	Подключена
2	127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	0	Подключена

Рисунок 22: Сеть 2 - Таблица маршрутизации K5

	Мас-адрес	Ip-адрес	Тип записи	Имя адаптера	Время жизни
1	01:04:5C:4C:80:08	18.16.25.13	Динамическая	eth0	463

Рисунок 23: Сеть 2 - ARP таблица K6

Таблица маршрутизации						
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	18.0.0.0	255.0.0.0	18.16.25.14	18.16.25.14	0	Подключена
2	127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	0	Подключена

Рисунок 24: Сеть 2 - Таблица маршрутизации K6

При отправке пакетов TCP, UDP получаем аналогичные результаты, только сейчас отправляются данные 10 кбайт. Таблица маршрутизации не изменяется, так как не меняются IP адреса, ARP таблица может заполняться при получении запроса с MAC + IP адресов отправителя, таблица коммутации заполняется аналогично описанному выше алгоритму. На какие выходы коммутатора будут отправлены пакеты тоже было описано выше.

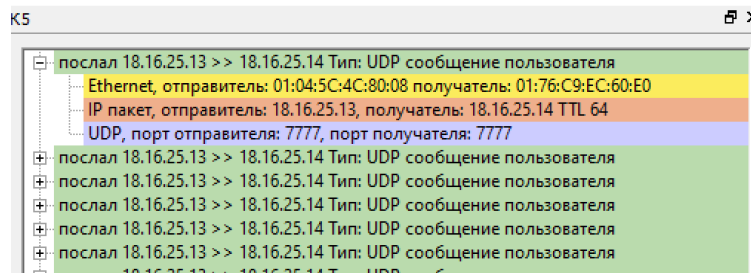


Рисунок 25: Сеть 2 - UDP запрос 10 кбайт K5

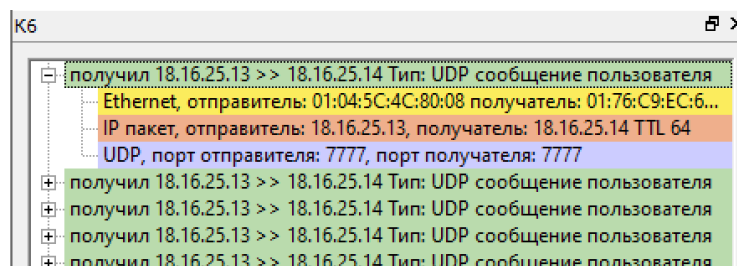


Рисунок 26: Сеть 2 - UDP запрос 10 кбайт K6

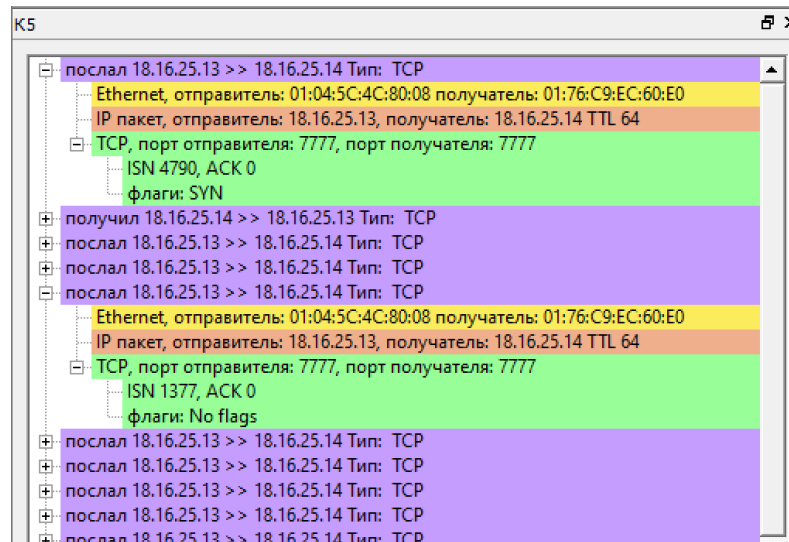


Рисунок 27: Сеть 2 - TCP запрос 10 кбайт K5

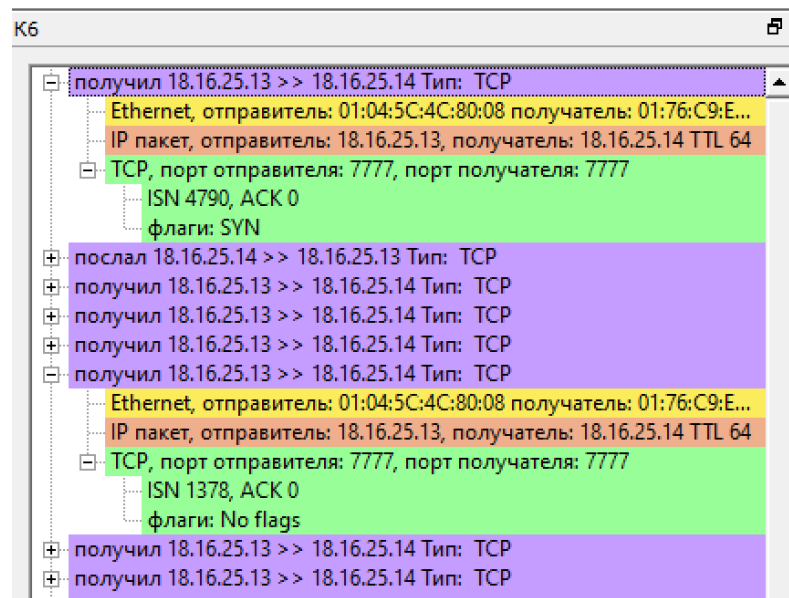


Рисунок 28: Сеть 2 - TCP запрос 10 кбайт K6

4. Многосегментная локальная сеть (Сеть 3)

Кольцевая связь точно недопустима, так как в таком случае может сложиться ситуация, когда пакет будет блуждать по кругу. Если это IP пакет, то он может быть отброшен при проходе через n маршрутизаторов самим им (TTL), однако это не лучший вариант, так как сеть будет загружена, но не будет выполнять полезной работы. Например, блуждание может случиться при отправке какого-либо широковещательного запроса.

Кроме того, нельзя, чтобы с концентратором было связано 2 или более коммутатора, поскольку при возврате, например, TCP сообщения из одного коммутатора при установке соединения, оно через концентратор будет продублировано на другой коммутатор, поэтому в таблицу коммутации будут занесены MAC адреса отправителя и получателя из одного входа. В результате при приходе очередного TCP пакета на последний коммутатор, он будет отправлен обратно, так как присутствует запись, что такой-то MAC адрес находится на этом входе/выходе. В результате пакет будет продублирован/начнет блуждать.

Вариант рабочей сети с концентраторами и коммутаторами, где соблюдаются эти требования, представлен ниже.

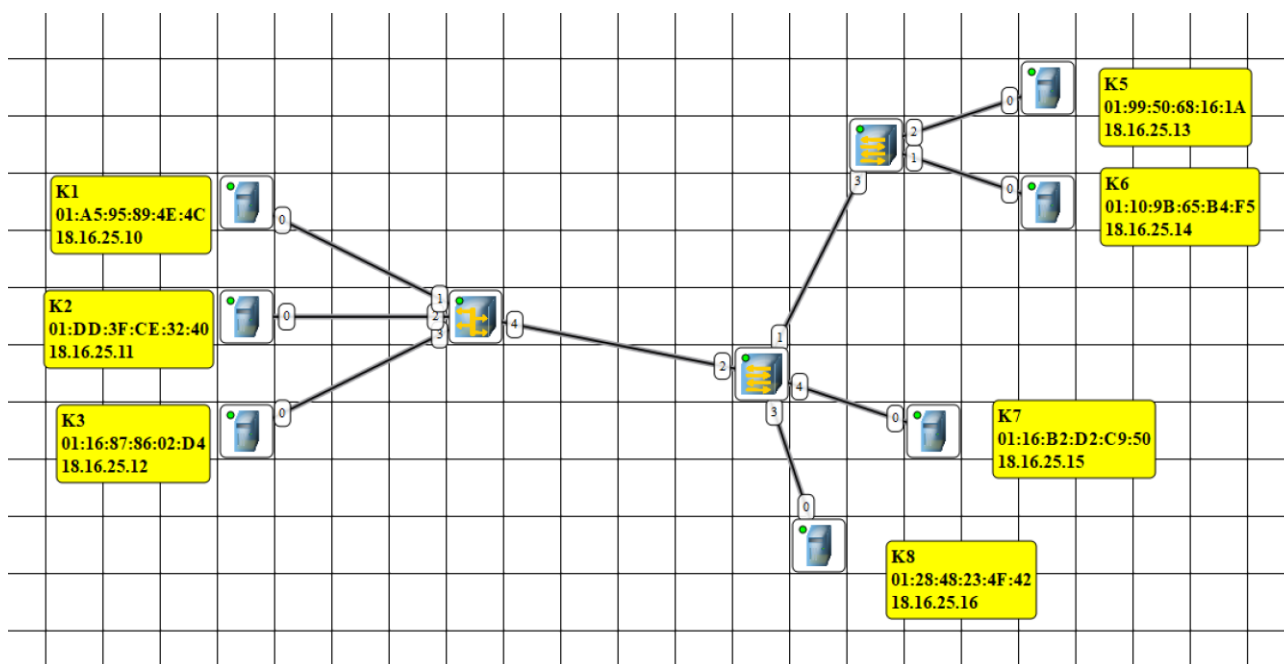


Рисунок 29: Сеть 3 - Вариант рабочей сети с 2 коммутаторами и концентратором

ARP таблицы и таблицы маршрутизации компьютеров устанавливаются аналогичным образом, как и выше.

При замене коммутаторов на концентраторы кольцевая связь также недопустима из-за бесконечного блуждания/дублирования пакетов на компьютерах. Также, не всегда хорошо, когда пакет отправляется всем другим компьютерам в сети, так как это нагрузка на всю сеть.

Последовательная связь Общая шина допустима, однако пакет будет отправляться всем компьютерам внутри сети.

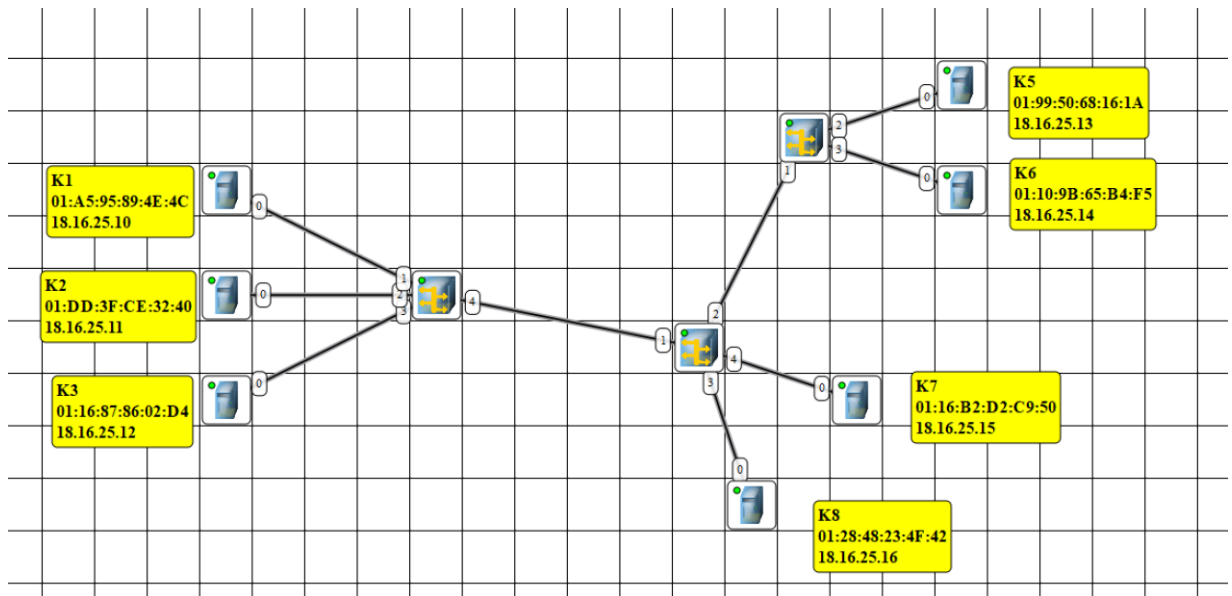


Рисунок 30: Сеть 3 - Вариант рабочей сети с 3 концентраторами

Таким образом оптимальной является сеть с двумя коммутаторами и концентратором.

Результаты отправки пакетов по TCP и UDP аналогичны для случая с коммутаторами и без. Ниже приведены результаты.

	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	18.0.0.0	255.0.0.0	18.16.25.16	18.16.25.16	0	Подключена
2	127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	0	Подключена

Рисунок 31: Сеть 3 - Таблица маршрутизации K8

	Мас-адрес	Ip-адрес	Тип записи	Имя адаптера	Время жизни
1	01:10:9B:65:B4:F5	18.16.25.14	Динамическая	eth0	727
2	01:A5:95:89:4E:4C	18.16.25.10	Динамическая	eth0	134
3	01:16:B2:D2:C9:50	18.16.25.15	Динамическая	eth0	127

Рисунок 32: Сеть 3 - ARP таблица K8

	Мас-адрес	Порт	Тип записи	Время жизни
1	01:99:50:68:16:1A	LAN1	Динамическая	59
2	01:28:48:23:4F:42	LAN3	Динамическая	29
3	01:10:9B:65:B4:F5	LAN1	Динамическая	93
4	01:16:87:86:02:D4	LAN2	Динамическая	42
5	01:16:B2:D2:C9:50	LAN4	Динамическая	22

Рисунок 33: Сеть 3 - таблица коммутации Коммутатора 1
(посередине)

+	послал 18.16.25.10 ищет 18.16.25.14 Тип: ARP запрос
+	получил 18.16.25.10 нашел 18.16.25.14 Тип: ARP ответ
-	послал 18.16.25.10 >> 18.16.25.14 Тип: UDP сообщение пользователя
	Ethernet, отправитель: 01:A5:95:89:4E:4C получатель: 01:10:9B:65:B4:F5
	IP пакет, отправитель: 18.16.25.10, получатель: 18.16.25.14 TTL 64
	UDP, порт отправителя: 7777, порт получателя: 7777

Рисунок 34: Сеть 3 - UDP запрос K1

+	получил 18.16.25.10 ищет 18.16.25.14 Тип: ARP запрос
+	послал 18.16.25.10 нашел 18.16.25.14 Тип: ARP ответ
-	получил 18.16.25.10 >> 18.16.25.14 Тип: UDP сообщение пользователя
	Ethernet, отправитель: 01:A5:95:89:4E:4C получатель: 01:10:9B:65:B4:F5
	IP пакет, отправитель: 18.16.25.10, получатель: 18.16.25.14 TTL 64
	UDP, порт отправителя: 7777, порт получателя: 7777

Рисунок 35: Сеть 3 - UDP запрос K6

+	послал 18.16.25.10 >> 18.16.25.14 Тип: TCP
+	получил 18.16.25.14 >> 18.16.25.10 Тип: TCP
+	послал 18.16.25.10 >> 18.16.25.14 Тип: TCP
+	послал 18.16.25.10 >> 18.16.25.14 Тип: TCP
+	послал 18.16.25.10 >> 18.16.25.14 Тип: TCP
+	послал 18.16.25.10 >> 18.16.25.14 Тип: TCP
+	послал 18.16.25.10 >> 18.16.25.14 Тип: TCP
-	послал 18.16.25.10 >> 18.16.25.14 Тип: TCP
	Ethernet, отправитель: 01:A5:95:89:4E:4C получатель: 01:10:9B:65:B4:F5
	IP пакет, отправитель: 18.16.25.10, получатель: 18.16.25.14 TTL 64
-	TCP, порт отправителя: 7777, порт получателя: 7777
	ISN 2128, ACK 0
	флаги: No flags
+	послал 18.16.25.10 >> 18.16.25.14 Тип: TCP
+	послал 18.16.25.10 >> 18.16.25.14 Тип: TCP
+	послал 18.16.25.10 >> 18.16.25.14 Тип: TCP
+	послал 18.16.25.10 >> 18.16.25.14 Тип: TCP
+	послал 18.16.25.10 >> 18.16.25.14 Тип: TCP
+	послал 18.16.25.10 >> 18.16.25.14 Тип: TCP
+	получил 18.16.25.14 >> 18.16.25.10 Тип: TCP

Рисунок 36: Сеть 3 - TCP запрос K1

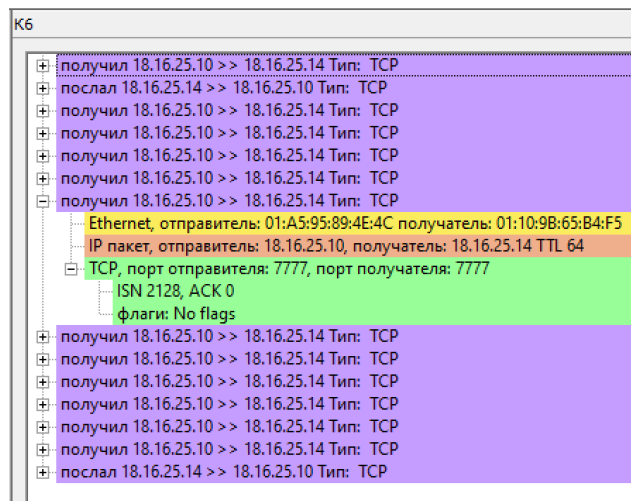


Рисунок 37: Сеть 3 - TCP запрос К6

5. Выводы

В процессе выполнения лабораторной работы рассмотрены принципы построения сетей с помощью концентраторов, коммутаторов. Концентратор — устройство, которое пересылает на все порты, отличные от входящего, а коммутатор — использует либо таблицу коммутации, либо, если в этой таблице нет записи о MAC адресе, то работают по аналогичному концентратору принципу. Эти два устройства можно комбинировать между собой, однако нужно следить за тем, чтобы сеть правильно функционировала (эти случаи были рассмотрены в Пункте 4). Как мне кажется, в современном мире отдается предпочтение построению сетей с использованием исключительно коммутаторов. Если использовать концентраторы, то нужно учитывать совместимость работы вместе с коммутаторами, либо использовать исключительно концентраторы, но тогда сеть может быть более загружена.

Также были рассмотрены принципы заполнения ARP таблиц, таблиц маршрутизации компьютеров, а также функционирования TCP, UDP протоколов. Так последний является более «легковесным», однако не гарантирует доставки, последовательности пакетов, в то время как TCP

благодаря наличию дополнительной информации в пакете и установки соединения это предоставляет.